

УДК:669.018.58.017

М. И. Булатов*, А. О. Шацов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

* *BylatovMI@gmail.ru*

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КВАРЦЕВОГО ВОЛОКНА

Приведены результаты испытаний на твердость и трещиностойкость образцов оптического волокна легированных германием при индентировании пирамидкой Виккерса. С помощью методики Ниихары экспериментально определен коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic} кварца и сопоставлен с литературными данными.

Ключевые слова: трещиностойкость, оптическое волокно, коэффициент интенсивности напряжений

M. I. Bulatov, A. O. Shatsov

CRACK GROWTH RESISTANCE OF QUARTZ

The results of tests for hardness and crack resistance of optical fiber samples doped with germanium during indentation by the Vickers pyramid are presented. Using the Niihara technique, the stress intensity factor K_{Ic} was experimentally determined and compared with published data.

Key words: crack resistance, optical fiber, stress intensity factor

В начале двадцатых годов прошлого века Гриффитс первым предложил объяснение хрупкому разрушению, основанное на понятии энергии, необходимой для распространения трещины. Результаты современных математических теорий равновесных трещин согласуются с теорией Гриффитса [1], согласно которой критерий распространения трещины:

$$\sigma_p > \sqrt{\frac{2\alpha E}{\pi a}}, \quad (1)$$

где α — поверхностная энергия; E — модуль Юнга; a — длина большой полуоси трещины.

Распространение трещин зависит от коэффициента интенсивности напряжений K_I , который ввел Ирвин в 1958 г. [2]. Данный коэффициент полностью определяет все местные напряжения в вершине трещины. Сама же величина K_I зависит лишь от номинальных размеров трещины. Введем в основное уравнение механики разрушения поправочную функцию Y , учитывающую форму образца, размеры трещины и способа нагружения. Например, для полуэллиптической трещины $Y = 1,24$.

$$K_I = Y \sigma \sqrt{a}, \quad (2)$$

где a — длина большой полуоси трещины.

Цель работы: определение твердости и трещиностойкости поведения оптического кварцевого волокна, легированного германием при индентировании пирамидкой Виккерса и определение особенностей приращения значений его твердости и трещиностойкости в зависимости от прикладываемой нагрузки.

Методика и полученные результаты: для работы отобрали образцы оптического волокна легированных германием с органическими покрытиями. Диаметр кварцевого волокна и покрытия составлял 125 ± 1 мкм и 155 ± 5 мкм соответственно.

Исследования проводили на испытательной машине КВ-10 снабженного алмазным индентором Виккерса по методике [3].

На рис. представлен отпечаток от алмазной пирамидки при нагрузке 100 г. Средняя твердость по Виккерсу трех образцов составила $H_v = 988$ HV.

Коэффициент интенсивности напряжений кварцевого волокна определяли по полуэмпирической зависимости Ниихары [4]:

$$K_{Ic} = 0,203 a^2 H_v c^{-3/2}, \quad (3)$$

где a — полу диагональ отпечатка индентора; H_v — твердость материала; c — длина радиальной трещины.

Средняя длина радиальных трещин составила около 20 мкм, а полудиагональ отпечатка индентора 6,5 мкм. Подставляя значения в формулу (3), получаем параметр интенсивности напряжений $K_{Ic} = 0,80$ МПа·м^{1/2}. Табличное значение, а также приведенным в ряде теоретических работ по прочности $K_{Ic} = 1,18$ МПа·м^{1/2} [5].

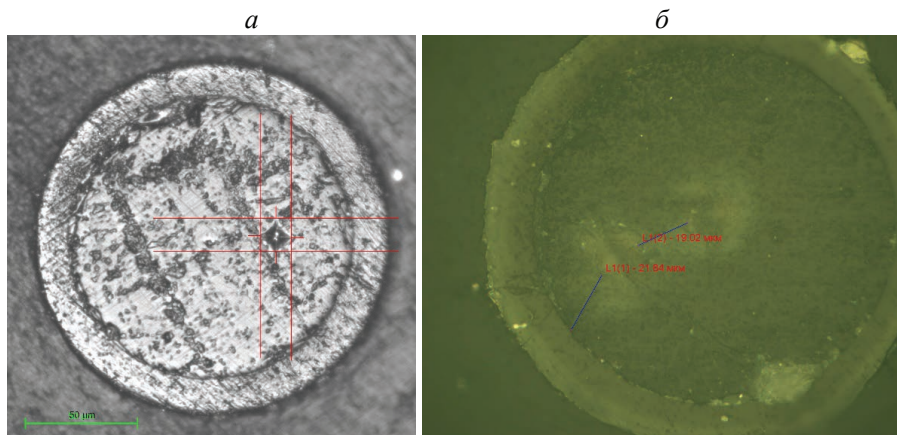


Рис. Отпечаток индентора по методу Виккерса:

a — вид на твердомере КВ-10; *б* — определение трещин на оптическом микроскопе Olympus ($\times 1000$)

Таким образом, твердость кварцевого оптического волокна и трещиносойкость, полученные экспериментально, достаточно близки к значениям, представленным в литературе.

Литература

1. Либовиц Г. Математические основы теории разрушения. М. : Мир, 1975. 764 с.
2. Irwin G. R., Appl J. Analysis of stresses and strains near the end of a crack traversing a plate // Mech. 1957. V. 24. P. 361.
3. Гогоци Г. А., Башта А. В. Исследование керамики при внедрении алмазной пирамиды Виккерса // Проблемы прочности. 1990. № 9. С. 49–54.
4. Ниихара А. Сборник трудов 21-й Конференции по результатам фундаментальных исследований в области керамики. Фукуда, 1983. С. 59–66.
5. Семенов С. Л. Прочность и долговечность волоконных световодов на основе кварцевого стекла: диссертация доктора физико-математических наук. М. : НЦВО РАН, 2007. 233 с.